

УДК 621.8

Л.Р.Рогатинська, Т.С. Дубиняк, Ю.А. Заставний, П.О. Леськів

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**ВПЛИВ ЗАЗОРІВ НА СИЛУ КОНТАКТНОЇ ВЗАЄМОДІЇ В ДЕТАЛЯХ
ПРИВОДУ КОНВЕЄРІВ**

L.R. Rogatynska.; T.S. Dubynyak; Yu A Zastavnyi; P.O. Les'kiv

**INFLUENCE OF THE BACKLASH ON THE POWER OF CONTACT
INTERACTION OF DETAIL OF DRIVE OF CONVEYOR**

Експлуатація машин, зокрема конвеєрів, пов'язана із змінними динамічними навантаженнями. При цьому в спряжених із зазором деталях приводу виникають ударні контактні напруження.

Згідно розв'язку контактної задачі Герца, поточна сила взаємодії двох тіл при пружному контакті:

$$P_{ij} = k_{ij} a_{ij} u_{ij} = k_{ij} u_{ij}^{3/2} / \sqrt{K_i + K_j}, \quad (1)$$

де k_{ij} - коефіцієнт, що враховує пружні властивості тіла контакту; u_{ij} - величина жорсткого зближення в контактній задачі Герца; a_{ij} - розрахунковий радіус площадки контакту; K_i та K_j - кривини поверхонь об'єктів (частинок) в точці контакту (для вгнутих поверхонь із знаком мінус).

Тут

$$k_{ij} = \frac{4}{3} \left/ \left(\frac{1 - \mu_i^2}{E_i} + \frac{1 - \mu_j^2}{E_j} \right) \right.,$$

де μ_i та μ_j - коефіцієнт Пуассона матеріалу поверхонь контакту; E_i та E_j - модуль Юнга матеріалу поверхонь контакту.

Для випадку взаємодії тіл, відмінних від куль, площадка контакту буде не круглою і для поверхні контакту визначається приведена кривина, яку, в першому наближенні, приймаємо рівну середній кривині поверхні $K_i = H_i$.

Якщо поверхні контакту описати у вигляді неявних функцій одиничного градієнту, $f_i = f_i(x, y, z) = 0$, то за величину жорсткого зближення в точці контакту E можна умовно вважати глибину проникнення одного геометричного об'єкту в інший.

В цьому випадку величина жорсткого зближення буде

$$u_{ij} = \Delta h_i + \Delta h_j = -[f_{iE}(x_E, y_E, z_E) + f_{jE}(x_E, y_E, z_E)],$$

де Δh_i та Δh_j глибини проникнення кожного об'єкту відносно розрахункової точки контакту (зближення) E .

Для визначення зміни глибини проникнення та контактної сили в часі реалізовано обчислюваний експеримент, за результатами якого встановлено, що зміну в часі сили контакту $P_{ij} = P_{ij}(t)$ спряжених деталей при ударі можна апроксимувати функцією, аналогічною бета-функції, в якій фіксованими параметрами розподілу є максимальна сила ударної взаємодії $P_{ij\max}$, що сприймає робочий орган та асиметрія удару τ , що визначається відношенням часу t_{\max} досягнення максимуму ударної сили до всього часу контакту t_k :

$$P_{ij}(t) = P_{ij \max} \left(\frac{t}{\tau \cdot t_k} \right)^{\varepsilon} \left[\frac{t_k - t}{t_k (1 - \tau)} \right]^{\varepsilon(1-\tau)/\tau}, \quad (2)$$

де ε - коефіцієнт форми кривої, для пружного удару $\varepsilon = 1,5$, для в'язко-пластичного $\varepsilon < 1,5$; τ - параметри асиметрії кривої взаємодії, $\tau = t_{\max} / t_k$, для симетричної кривої $\tau = 0,5$.

Прийmemo, що маса елемента j суттєво більша маси елемента i , $m_j > m_i$. Тоді, згідно закону збереження імпульсу, i -ий елемент масою m_i при ударі змінює величину та напрям руху (відбивається від поверхні масивного елемента) і, відповідно, виконується співвідношення

$$m_i (\bar{v}_{i-} - \bar{v}_{i+}) = -\bar{n}_i \cdot \int_0^{t_k} P_{ij} dt, \quad (3)$$

де \bar{v}_{i-} та \bar{v}_{i+} відповідно, швидкість зближення (до контакту) деталей з початковим зазором Δ , та швидкість відскоку елемента приведеною масою m_i ; \bar{n}_i - вектор нормалі до поверхні елемента j .

Представимо імпульс кількості руху при ударі у вигляді

$$\int_0^{t_k} P_{ij} dt = \xi_{ij} P_{ij \max} t_k,$$

де ξ_{ij} - коефіцієнт що враховує форму кривої $0,4 \leq \xi_{ij} \leq 0,6$. Для пружних тіл ξ_{ij} приймає менші значення із вказаного діапазону. Тоді залежність (3) прийме вигляд

$$m_i (1 + k_{\text{від}}) v_i = \int_0^{t_k} P_{ij} dt = \xi_{ij} P_{ij \max} t_k, \quad (4)$$

де $k_{\text{від}}$ - коефіцієнт відновлення при ударі, $k_{\text{від}} = -|\bar{v}_{i+}| / |\bar{v}_{i-}|$.

У випадку, якщо поверхня i -ої деталі описана функцією одиничного градієнту $f_i = f_i(x, y, z) = 0$, то швидкість його нормального зближення із робочою поверхнею буде $v_i = df_i / dt = df_i(x, y, z) / dt$ і визначається як

$$v_i = df_i / dt = \sqrt{2P_{\text{прив}} \Delta / m_{\text{прив}}}, \quad (5)$$

де $P_{\text{прив}}$ та $m_{\text{прив}}$ - відповідно приведені до ударної зони контакту сила дії приводу при стаціонарному русі та маса рухомих складових конвеєра; Δ - зазор в спряженні.

Відповідно, рівняння (4) прийме вигляд

$$m_i (1 + k_{\text{від}}) df_i(x, y, z) / dt = \int_0^{t_k} P_{ij} dt = \xi_{ij} P_{ij \max} t. \quad (6)$$

Тоді, за умови відомого часу контакту, максимальну силу ударної взаємодії можна визначити за залежністю

$$P_{ij \max} = [m_i (1 + k_{\text{від}}) / (\xi_{ij} t_k)] df_i(x, y, z) / dt. \quad (7)$$

Проведені дослідження показали, що час контакту мало залежить від швидкості контактного зближення і, відповідно, максимальна сила ударної взаємодії, в першому наближенні, буде прямо пропорційна швидкості контактного зближення

$$P_{ij \max} = C_E m_i v_i = C_E m_i \sqrt{2P_{\text{прив}} \Delta / m_{\text{прив}}}, \quad (8)$$

де $C_E = (1 + k_{\text{від}}) / (\xi_{ij} t_k)$ - часовий параметр моделі, постійний для певної пари деталей в умовах ударної взаємодії.